

Заключение диссертационного совета МГУ.01.13
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «12» мая 2022 г. № 6.

О присуждении Соколовской Юлии Глебовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Лазерная оптико-акустическая диагностика неоднородных коллоидных растворов и композиционных материалов» по специальности 01.04.21 — «Лазерная физика» принята к защите диссертационным советом 1 апреля 2022 г., протокол № 1.

Соискатель Соколовская Юлия Глебовна, 1991 года рождения, в 2016 году окончила физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика» со специализацией «Лазерная физика и нелинейная оптика». В 2020 году окончила очную аспирантуру Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова по специальности «Лазерная физика».

С 2018 года по настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника кафедры общей физики физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, доцент, Карабутов Александр Алексеевич, профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- 1) доктор физико-математических наук, профессор Аракелян Сергей Мартиросович, заведующий кафедрой, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ),
- 2) доктор физико-математических наук, профессор Михалевич Владислав Георгиевич, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»,
- 3) доктор физико-математических наук Пожар Витольд Эдуардович, заведующий отделом, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-

технологический центр уникального приборостроения Российской академии наук» —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М. В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 01.04.21 – «лазерная физика» (физико-математические науки). Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. Karabutov A.A., **Sokolovskaya Yu G.** Laser optoacoustic measurement of the volume concentration of epoxy resin in carbon fiber reinforced plastic composites. *Moscow University Physics Bulletin*, 2018, V. 73, № 6, p. 622-626. (Карабутов А.А., Соколовская Ю.Г. Лазерный оптико-акустический метод измерения объемной концентрации эпоксидной смолы в углепластиковых композитах в журнале *Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия*, 2018, № 6, с. 45-49.) WoS IF=0.672
2. Karabutov A.A., Podymova N.B., **Sokolovskaya Yu G.** Local Kramers–Kronig relations between the attenuation coefficient and phase velocity of longitudinal ultrasonic waves in polymer composites. *Acoustical Physics*, 2019, V. 65, № 2, p. 158-164. (Карабутов А.А., Подымова Н.Б., **Соколовская Ю.Г.** Локальные соотношения Крамерса-Кронига для коэффициента затухания и фазовой скорости продольных ультразвуковых волн в полимерных композитах. *Акустический журнал*, 2019, том 65, № 2, с. 182-189.) WoS IF=0.856
3. **Sokolovskaya Yu G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Verification of the Kramers-Kronig relations between ultrasonic attenuation and phase velocity in a finite spectral range for CFRP composites. *Ultrasonics*, 2019, V. 95, p. 37-44. WoS IF=2.89
4. **Sokolovskaya Yu G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Application of Laser-Ultrasonic Technique of Acoustic Impedance Measurement with Signals Detection by Backward-Mode Scheme for Porosity Content Evaluation in CFRP Laminates. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 2020, V. 39, № 3. WoS IF=1.995
5. **Sokolovskaya Yu G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Application of the Laser Optoacoustic Method for Studying the Spatial Distribution of the Light Extinction Coefficient in Ferromagnetic Fluids. *Moscow University Physics Bulletin*, 2020, V. 75, № 4, p. 354-362. (**Соколовская Ю.Г.**, Подымова Н.Б., Карабутов А.А. Применение лазерного оптико-акустического метода для исследования пространственного распределения коэффициента экстинкции света в ферромагнитных жидкостях. *Вестник Московского*

- университета. Серия 3: Физика, астрономия, 2020, том 75, № 4, с. 55-63.) WoS IF=0.672
6. **Sokolovskaya Yu G.**, Zharinov A.N., Karabutov A.A., Podymova N.B. Determinating the volume content of a polymeric matrix in CFRP structures using a laser-ultrasonic method. *Mechanics of Composite Materials*, 2020, V. 56, № 2, p. 185-194. WoS IF=1.333
 7. **Sokolovskaya Y.G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Laser optoacoustic method for measurement of light extinction coefficient and investigation of its spatial distribution in colloidal media. *International Journal of Thermophysics*, 2020, V. 41, p. 86. WoS IF=1.608
 8. **Sokolovskaya Y.G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Laser optoacoustic method for quantitative porosity assessment of carbon fiber reinforced plastic composites based on acoustic impedance measurement. *Acoustical Physics*, 2020, V. 66, № 1, p. 81-88. (Соколовская Ю.Г., Подымова Н.Б., Карабутов А.А. Лазерный оптико-акустический метод количественной оценки пористости углепластиков на основе измерения их акустического импеданса. *Акустический журнал*, 2020, том 66, № 1, с. 86-94.) WoS IF=0.856
 9. **Sokolovskaya Yu G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Laser optoacoustic study of the structural inhomogeneity of a magnetic fluid by reconstruction of the spatial distribution of the light extinction coefficient. 2020. *Acoustical Physics*, V. 66, № 3, p. 268-276. (Соколовская Ю.Г., Подымова Н.Б., Карабутов А.А. Исследование структурной неоднородности магнитной жидкости посредством восстановления пространственного распределения коэффициента экстинкции света с использованием лазерного оптико-акустического метода. *Акустический журнал*, 2020, т. 66, № 3, с. 284-293.) WoS IF=0.856
 10. **Sokolovskaya Y.G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Quantitative evaluation of porosity in unidirectional CFRPs using laser ultrasonic method *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 2020, V. 56, № 3, p. 201-208. (Соколовская Ю.Г., Подымова Н.Б., Карабутов А.А. Количественная оценка пористости однонаправленных углепластиков с использованием лазерно-ультразвукового метода. *Дефектоскопия*, 2020, № 3, с. 14-22.) WoS IF=0.692
 11. **Sokolovskaya Yu G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Using Broadband Acoustic Spectroscopy with a Laser Source of Ultrasound to Study the Frequency Dependences of the Phase Velocity of Longitudinal Acoustic Waves in Porous Carbon Fiber Reinforced Plastic Composites *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, 2021, V. 85, № 1, p. 93-97. (Соколовская Ю.Г., Подымова Н.Б., Карабутов А.А. Исследование частотных зависимостей фазовой скорости продольных акустических волн в пористых углепластиках с использованием широкополосной акустической спектроскопии с

лазерным источником ультразвука. *Известия Российской академии наук. Серия физическая*, 2021, том 85, № 1, с. 127-133.) Scopus IF=0.476

12. **Sokolovskaya Y.G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. An Optoacoustic Method for Analyzing Spatial Inhomogeneity of Light Extinction and Its Time Variations in Diluted Magnetic Fluids. *Colloid Journal*, **2021**, V. 83, № 2, p. 245-251 (**Соколовская Ю.Г.**, Подымова Н.Б., Карабутов А.А. Оптико-акустический метод для анализа пространственной неоднородности экстинкции света и ее изменения со временем в разбавленных магнитных жидкостях. *Коллоидный журнал*, 2021, том 83, № 2, с. 214-221.) WoS IF=0.937
13. **Sokolovskaya Y.G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Application of broadband laser-ultrasonic spectroscopy for nondestructive testing of the porosity in carbon fiber reinforced plastics with various volume contents of carbon fibers. *Inorganic Materials:Applied Research*, 2021, V. 12, № 5, p. 1428-1433 (**Соколовская Ю.Г.**, Подымова Н.Б., Карабутов А.А. Применение широкополосной лазерно-ультразвуковой спектроскопии для неразрушающего контроля пористости углепластиков с различным объемным содержанием углеродного волокна. *Перспективные материалы*, 2021, № 3, с. 76-84.) Scopus IF=0.75
14. **Sokolovskaya Yu G.**, Podymova N.B., Karabutov A.A. Analysis of changes in optical properties with time as a way to assess the instability of the structure of diluted aqueous-based ferromagnetic fluids. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2021, том 532. WoS IF=2.993

На автореферат диссертации поступили 4 отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области лазерной физики и акустики и имеют публикации по схожей тематике. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний. Продемонстрировано использование лазерного оптико-акустического метода для восстановления пространственного распределения коэффициента экстинкции света в ферромагнитных жидкостях, выявлена зависимость данного распределения от типа границы, состава жидкости и времени. Исследовано влияние пористости углепластика на дисперсию фазовой скорости продольных ультразвуковых волн. Предложены и

реализованы методы количественной оценки локальной пористости и локальной неоднородности состава углепластиков с использованием лазерного источника зондирующих ультразвуковых импульсов.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М. В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Предложенный метод лазерной оптико-акустической диагностики неоднородности распределения коэффициента экстинкции может быть полезен для исследования различных коллоидных сред, в том числе биологических. Разработанные методы количественной оценки пористости и состава углепластиков имеют важное прикладное значение для задач неразрушающего контроля структуры композиционных материалов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Показано, что

1. Лазерный оптико-акустический метод позволяет восстановить неоднородное распределение коэффициента экстинкции лазерного излучения по глубине ферромагнитной жидкости. При длине волны излучения 1064 нм максимально возможная глубина зондирования составляет от 200 мкм (при объемной концентрации магнетита 4.2%) до 1700 мкм (при объемной концентрации магнетита 0.35%).
2. При акустически жесткой границе в приповерхностном слое ферромагнитной жидкости толщиной 1000-1700 мкм наблюдается более существенный рост измеряемого значения коэффициента экстинкции лазерного излучения с глубиной по сравнению со случаем свободной границы, а также появляется нелинейная зависимость коэффициента экстинкции от концентрации жидкости на глубинах около 200 мкм и более (для концентраций магнетита 0.35-3.5%).
3. Наблюдаемое уменьшение величины коэффициента экстинкции лазерного излучения (на длине волны 1064 нм) и изменение его пространственного распределения со временем в разбавленной ферромагнитной жидкости на водной основе (с концентрацией 0.35%-4.2%) происходит вследствие агрегации наночастиц магнетита.
4. Амплитудно-частотный спектр ультразвукового импульса, возбуждаемого лазерным излучением наносекундной длительности в специально подобранном оптико-акустическом источнике (с коэффициентом поглощения излучения $\approx 450 \text{ см}^{-1}$ на длине волны 1064 нм), позволяет измерять частотные зависимости коэффициента затухания и фазовой скорости продольных акустических волн в частотном диапазоне 1-10 МГц для углепластиков толщиной до 13 мм.

5. Величина дисперсии фазовой скорости продольных акустических волн в углепластике в частотном диапазоне 1-10 МГц увеличивается с ростом его пористости (от 60 м/с при пористости 0.1% до 350 м/с при пористости 4.2%).
6. Использование лазерного источника ультразвуковых импульсов позволяет реализовать методы измерения акустического импеданса и средней скорости звука в углепластиках для количественной оценки пористости и содержания полимерной матрицы

На заседании 12 мая 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Соколовской Юлии Глебовне учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из **25** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — 19, «против» — 0, недействительных голосов — 0.

Председатель

диссертационного совета МГУ 01.13

доктор физико-математических наук,

профессор

Андреев Анатолий Васильевич

Учёный секретарь

диссертационного совета МГУ 01.13

кандидат физико-математических наук,

Коновко Андрей Андреевич

Дата оформления заключения: 12 мая 2022 г.